

El agua y los territorios hídricos en la Región Metropolitana de Santiago de Chile. Casos de estudio: Tiltil, Valle de Mallarauco y San Pedro de Melipilla

Water and the water territories of the Santiago Metropolitan Region. Case studies: Tiltil, Valle de Mallarauco y San Pedro de Melipilla

Claudio Ernesto Esteban Tesser Obregón*

1. INTRODUCCIÓN: HACIA LA CONCEPTUALIZACIÓN DE «TERRITORIO HÍDRICO»

Si bien las ciencias nos han demostrado que el agua es abundante en el planeta y en constante transformación en un ciclo hidrológico permanente, también nos han demostrado que su distribución es desigual sobre el planeta (Shiklomanov, 1998 y 1999). El ser humano supo desarrollar, a lo largo de la historia, diferentes estrategias de adaptación a la dinámica natural del ciclo hidrológico y de utilización de este elemento según su disponibilidad. Pero en el presente, nos encontramos a las puertas de una «crisis del agua» (Gleick, 1993) como resultado de nuevos problemas asociados a las necesidades humanas y a las interacciones naturales: el aumento de su demanda para las ciudades, la insuficiencia para abastecer a todas las actividades humanas, el calentamiento climático, la degradación de su calidad física y biológica, las inundaciones, las sequías, entre otras (Ancil, 2008). Tales situaciones han ido convirtiendo al agua y su gestión sostenible en una de las mayores preocupaciones de las sociedades contemporáneas, particularmente, en aquellas regiones

* Profesor Asistente Adjunto. Instituto de Geografía, Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política, Pontificia Universidad Católica de Chile (ctesser@puc.cl).

donde el crecimiento demográfico, las condiciones ambientales y el desarrollo de economías agrícolas, se conjugan para hacer del agua un recurso escaso.

En el ámbito científico, el interés por estudiar el agua, con cuestionamientos diferentes y metodologías distintas, ha conducido al desarrollo de numerosas disciplinas; las Ciencias del Agua, tan cercanas entre sí que sus límites pueden ser considerados como frágiles y dinámicos, pero sin dejar de aportar con conocimientos útiles (Laganier, Arnaud-Fassetta, y Dacharry, 2009). Entre estas ciencias, destaca la Geografía; que desde sus orígenes descriptivos con Heródoto, pasando por el estudio del *eokumene*, el Determinismo, los Posibilismos y hasta la «Nueva Geografía», ha considerado al agua como uno de sus objetos de estudio (Béthemont, 1977). Tal interés se acentuó en los años 1970, con el inicio de las preocupaciones ambientales y la toma de conciencia de las degradaciones antrópicas ocasionadas a los distintos geosistemas (Veyret, 2005). Además, esta preocupación fue acompañada por un nuevo estatus que adquirió la Geografía dentro de las Ciencias Sociales, gracias al desarrollo de una moderna forma de producir el conocimiento científico, caracterizado por ser práctico, transdisciplinario, heterogéneo y flexible (Gibbons *et al.*, 1994).

Dentro de esta modernización de la ciencia geográfica, uno de los conceptos básicos del vocabulario geográfico que más destaca, por su amplia utilización y por su importancia teórico-práctica, es el «Territorio». Término que apareció formalmente en las universidades europeas de fines del siglo XIX, junto a las reflexiones de Friedrich Ratzel pero que caería en desuso al finalizar la Segunda Guerra Mundial. Hubo que esperar hasta bien avanzada la segunda mitad del siglo XX cuando el «Territorio» volvió a las discusiones sobre las interacciones entre sociedad y naturaleza, pero con una nueva conceptualización. Una verdadera ruptura con el lineamiento ratzeliano se tuvo con el geógrafo suizo Claude Raffestin, quien estableció que el «Territorio» es un producto construido a partir del trabajo humano sobre el espacio (Raffestin, Brunet y Kobler, 1980). A partir de esta idea, algunos geógrafos franceses comenzaron a considerar que los procesos geográficos reflejaban las relaciones y conflictos que los grupos sociales establecían a fin de apropiarse de recursos que les permitiesen satisfacer sus necesidades vitales y garantizar su continuidad como sociedad (Claval, 1995; Di Méo, 1998). En tanto, al otro lado del Atlántico, el geógrafo brasileño Milton Santos afirmaba que los territorios surgen a partir de las diferentes relaciones sociales asociadas a una dimensión de poder y de control social que se forman en el espacio (Santos, 1997).

De esta forma, tanto el espacio como los recursos presentes en él se convierten en «materias primas» para que los actores se organicen y desarrollen distin-

tas actividades tanto socioculturales como económicas. Entre estos recursos el agua destaca por sus múltiples funciones (ecológicas, económicas y vitales) que impulsan la generación de relaciones de poder o de conflictos (Béthemont, 1977; Raffestin, *et al.*, 1980). De esta forma, se puede entender que la expresión «Territorio Hídrico» corresponde a aquel espacio donde el agua es una pieza fundamental, pues su disponibilidad (en cantidad como en calidad), apropiación y accesibilidad son indispensables para mantener relaciones sociales y actividades productivas, articulando situaciones de conflicto y de tensión, según las distintas modalidades de utilización del agua (Ghiotti, 2006).

Los «territorios hídricos» pueden ser observados plenamente en el medio rural de la Región Metropolitana de Santiago de Chile (RMS), donde las relaciones hídricas se han establecido de manera artificial, dado el dominio de un clima mediterráneo y el desarrollo de actividades agrícola intensivas, sometiendo a los recursos hídricos a crecientes demandas que hacen pensar en futuros conflictos o problemas por su utilización. Sin embargo, hasta ahora los recursos hídricos de la región han sido estudiados con enfoques económico (Cai, Ringler, y Rosegrant, 2006; Rosegrant *et al.*, 2000) y ecológico (CADE - IDEPE, 2004a; DGA, 2003; JICA-CNR, 2004), siendo evidente la falta de una preocupación por tratar al agua como un recurso desde la dimensión territorial.

2. TERRENOS DE ESTUDIO

2.1. La Región Metropolitana de Santiago (RMS)

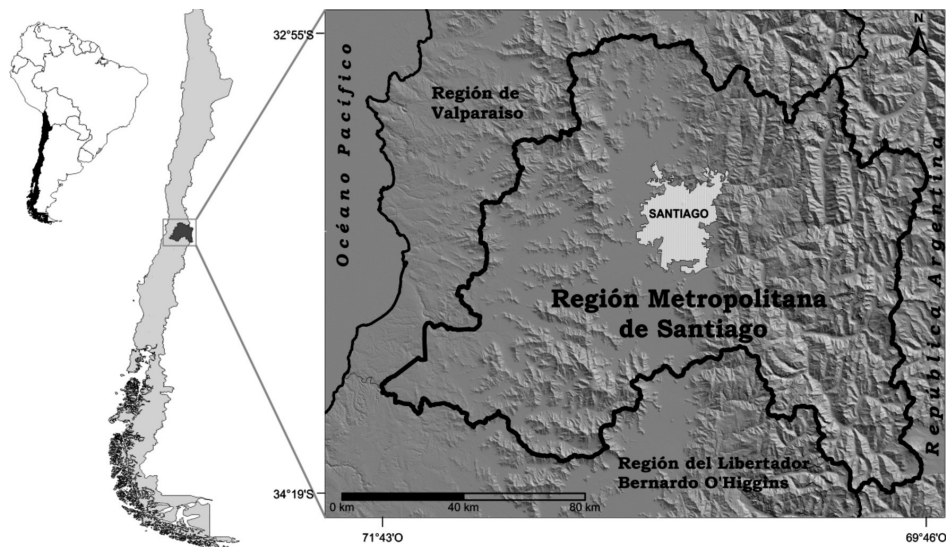
El presente trabajo se desarrolló en el ámbito de la Región Metropolitana de Santiago de Chile (RMS), definida entre 32°55' y 34°19' de latitud Sur y entre 69°46' y 71°43' de longitud Oeste (figura 1).

De las quince regiones administrativas de Chile, la RMS es la única que carece de costa y es la más pequeña del país con una extensión de 15.403,2 km², lo que equivale al 2% de la superficie nacional. Localizada casi al centro del país, esta región presenta claramente los rasgos físicos fundamentales del Chile Central: una estructura orográfica tripartita (Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de los Andes) y el predominio de un clima mediterráneo.

Según las cifras del último censo de población (2002) la población de la región llegó a 6.061.185 habitantes, lo que equivale al 40,1% de la población nacional, con una densidad de 393 hab/km². El 96,9% (5.875.013 habitantes) corresponde a población urbana concentrada mayoritariamente en la ciudad de Santiago, capital regional y del país. En tanto que el restante 3,1%

FIGURA 1

LOCALIZACIÓN DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO (RMS)



Fuente: Elaboración propia a partir de ERSDAC (2011) y NGA (2011).

(186.172 habitantes) es población rural (INE, 2002), que se localiza en pequeñas localidades como Tiltil, Mallarauco y San Pedro de Melipilla, cuyas áreas de cultivo son el objeto de estudio del presente trabajo.

En lo económico, la RMS es la región que más aporta al Producto Interno Bruto (PIB) nacional con un 47% y donde destaca el sector secundario con la concentración de industrias manufactureras más alta del país, junto a otras actividades económicas del sector terciario (comercio, transporte y comunicaciones, servicios financieros y empresariales, administración pública, turismo, electricidad, gas y agua, entre otras). En tanto que el sector silvoagropecuario representa el 13,4% del PIB sectorial nacional con una fuerte presencia en las exportaciones.

La gran demanda de alimentos vinculada a la importante concentración de población en esta región la convierten en una de las regiones más importantes para el sector agropecuario a nivel nacional. Además se encuentran los mayores centros de comercialización de frutas y verduras y los principales sitios de embarque aéreo y terrestre para su exportación.

Las características edáficas y climática regionales han favorecido el cultivo de 153.391 hectáreas, de las cuales más de la mitad está ocupadas por especies hortícolas y frutales (INE, 2007). Además, se cuenta con un gran número de plantas agroindustriales y hortofrutícolas con un gran potencial de desarrollo.

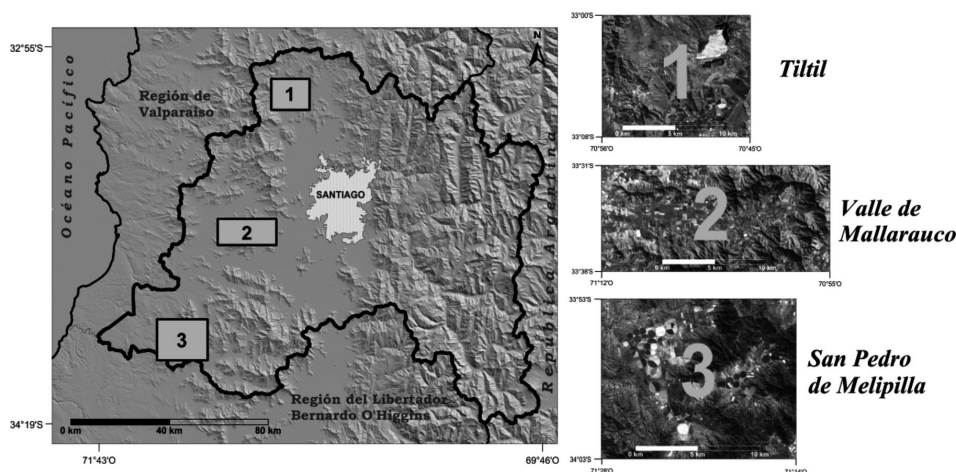
2.2. Los casos de estudio

Con el fin de precisar el análisis de los «territorios hídricos» se seleccionaron tres áreas diferentes del paisaje rural regional que mejor ejemplifican las distintas estrategias de adaptaciones a las condiciones ambientales y las tendencias productivas particulares. Estos casos de estudio (figura 2) concernieron a:

- Tiltil; es el espacio comprendido entre 33°00'-33°08'S y 70°56'-70°45'O, se encuentra a 50 km al noroeste de la ciudad de Santiago, con una superficie que alcanza 243 km² y su localización corresponde al margen más septentrional de la RMS.
- Valle de Mallarauco; es el espacio comprendido entre 33°31'-33°38'S y 71°12'-70°55'O, a 70 km al oeste de la ciudad de Santiago y con una superficie que alcanza 238 km². Su configuración geográfica es una cuenca cerrada por un conjunto montañoso derivado de la cordillera costera.

FIGURA 2

LOS TRES CASOS DE ESTUDIO



Fuente: Elaboración propia a partir de ERSDAC (2011) y NGA (2011).

- San Pedro de Melipilla; es el espacio entre 33°53'-34°03'S y 71°14'-71°28'O, situado a 80 km al suroeste de la ciudad de Santiago y a menos de 35 km de la costa y con una extensión cercana a los 421 km². Su emplazamiento concierne a la parte meridional de la RMS.

3. MATERIALES Y MÉTODO

Para poder abordar esta investigación se emplearon imágenes provenientes de distintos satélites Landsat y de sus diferentes sensores (MSS, TM y ETM+) que fueron obtenidas desde el sitio web <http://glovis.usgs.gov>. La elección de las imágenes Landsat se justificó por ciertas características precisas de los sensores (NASA, 2008): la resolución espacial, entre 80 m y 30 m según el sensor, resultó compatible con el nivel de detalle requerido para apreciar los cambios ocurridos en los sitios asociados a los recursos hídricos. La resolución espectral incluyó los dominios espectrales del visible al infrarrojo permitiendo apreciar los principales componentes de paisaje regional relativos a los ámbitos naturales y antrópicos. Además, la dimensión histórica que tiene esos satélites permitió disponer de imágenes comprendidas entre 1975 y 2008 (cuadro 1).

CUADRO 1
CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES DE LOS SATÉLITES LANDSAT

Fecha	Landsat	Path/Row	Sensor	Tamaño pixel	Bandas utilizadas
22-Marzo-1975	2	250/83	MSS	68x83 m	B4 (0,52-0,60µm), B5 (0,63-0,69µm) y B6 (0,76-0,90µm)
17-Marzo-1989	5	233/83	TM	30x30 m	B1 (0,45-0,52µm), B2 (0,52-0,60µm), B3 (0,63-0,69µm) y B4 (0,76-0,90µm)
26-Diciembre-1999	7	233/83	ETM+	30x30m	B1 (0,45-0,52µm), B2 (0,52-0,60µm), B3 (0,63-0,69µm) y B4 (0,76-0,90µm)
13-Marzo-2008	5	233/83	TM	30x30m	B1 (0,45-0,52µm), B2 (0,52-0,60µm), B3 (0,63-0,69µm) y B4 (0,76-0,90µm)

Fuente: elaboración propia a partir de NASA (2008).

Para utilizar estas imágenes satelitales como fuente de información geográfica, se utilizó el programa ER Mapper 7.1 ® el cual cuenta con subrutinas que permitieron primero compensar las distorsiones causadas por deficiencias de los sensores y transformar su geometría a un mismo sistema de proyección cartográfica. Posteriormente, con este mismo programa, se procedió a la extracción de subescenas correspondientes a las tres áreas de estudio, integrándolas en una biblioteca de imágenes que facilitó el posterior análisis mono y multitemporal.

A continuación se efectuó un tratamiento de interpretación visual de manera similar a la fotointerpretación tradicional sobre imágenes satelitales. La utilización del tratamiento visual está justificada por su gran capacidad de integrar criterios complejos en los análisis de las imágenes, pero que son muy difíciles de integrar en procesos numéricos basados sobre la intensidad radiométrica de cada pixel. Si bien los principales criterios visuales (tonalidad, color, textural, disposición, sombra, etc.) provienen históricamente de la interpretación de fotografías aéreas, numerosos autores (Chuvieco, 2000 y 2007; Girard y Girard, 2010; Lillesand y Kiefer, 1987) le otorgan su validez científica para el tratamiento de imágenes satelitales.

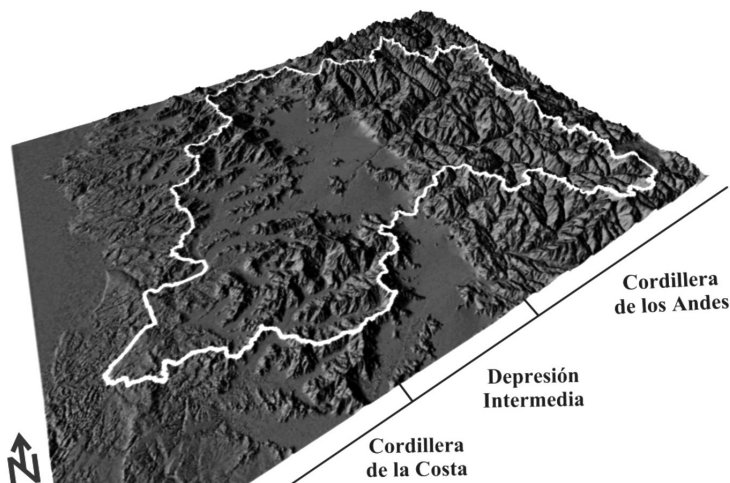
Si se acepta que el elemento que mejor refleja la utilización del agua en el medio rural es la vegetación cultivada, la combinación de bandas más pertinente para el análisis de estos elementos bióticos consiste en usar una sola imagen las bandas del Infrarrojo cercano, Rojo y Verde asignándoles los colores Rojo, Verde y Azul, respectivamente. Esta combinación, denominada Falso Color Convencional (FCC), es muy útil al permitir conocer de manera aproximativa e indirecta, la relación entre la vegetación y la gestión del agua; una planta vigorosa que presente tonos rojos vivos dispone de un aprovisionamiento regular de agua, mientras que las plantas en desarrollo o sometidas a restricciones de este recurso presentan tintes menos intensos. Además esta combinación de bandas revela elementos no perceptibles en una imagen de color verdadero y facilitar una mejor discriminación entre los elementos bióticos y abióticos (Chuvieco, 2007; Girard y Girard, 2010; Jensen, 2007).

4. LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO (RMS)

4.1. La distribución del agua en la región; un recurso escaso con un fuerte control natural

Desde el punto de vista estrictamente hidrológico, la región presenta una importante complejidad en la disponibilidad y distribución del agua superficial

FIGURA 3
PRINCIPALES ESTRUCTURAS DEL RELIEVE DE RMS



Fuente: Elaboración propia a partir de ERSDAC (2011) y NGA (2011).

y subterránea. Al considerar las principales unidades morfoestructurales del territorio regional (figura 3), dos unidades fisiográficas destacan en el control de la existencia del agua: la Cordillera de los Andes y la Depresión Intermedia. La cordillera andina es de destacada importancia ya que sus altitudes cercanas a los 6.000 metros, permiten la acumulación de nieve en la estación invernal austral (julio a agosto) y alimentan los cursos cordilleranos durante la temporada cálida (septiembre a marzo). Además, allí se encuentran casi 650 glaciares (Marangunic, 1979) que, durante los años secos, tienen una participación que llega al 70% en los caudales de los ríos cordilleranos, permitiendo satisfacer las necesidades hídricas para la irrigación y demás actividades productivas de la región (Larraín, 2007). Por su parte, las características litológicas de los Andes determinan que el escurrimiento sea predominantemente superficial y que la calidad química de las aguas refleje la geología cordillerana con la disolución de lavas andesíticas y de carbonatos (CADE - IDEPE, 2004a).

Después de abandonar la cordillera andina, las aguas escurren sobre la Depresión Intermedia, que corresponde a un hundimiento tectónico que ha sido rellenado por materiales sedimentarios de diversos procesos fluvio-glaciares que afectaron la cordillera andina. Desde esta cordillera nacen números conos de deyección coalescentes en la entrada oriental de la Depresión Intermedia,

originando una superficie inclinada hacia el Suroeste y con altitudes que fluctúan entre 340-700 metros. Las aguas que circulan sobre estos depósitos están asociadas a los principales hidrosistemas de la región y aquellas que logran infiltrarse alimentan a los acuíferos locales.

El clima predominante en este espacio es de tipo mediterráneo con una marcada estacionalidad de precipitaciones; veranos largos y secos e inviernos cortos y húmedos. La precipitación media anual fluctúa entre 300-500 mm, según el lugar de la región; aumentando con la altitud y disminuyendo hacia el poniente, donde la presencia de una cordillera costera bloquea los flujos marítimos. La distribución anual de las lluvias está concentrada entre los meses de mayo a agosto (80%) y durante la estación seca¹, de 7-8 meses, llueve menos de 40 mm por mes, llegando a ser inferior a 1 mm, en ciertos meses del verano (DMC, 2001).

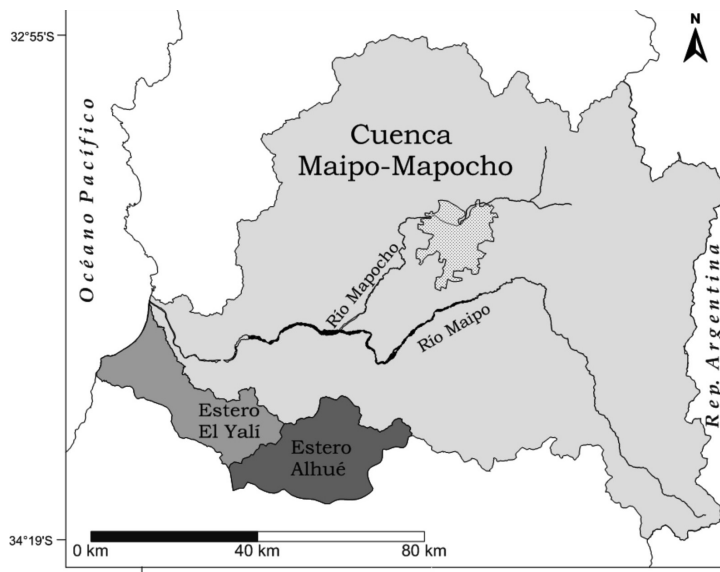
Es gracias a los embalses y canales, junto a los acuíferos, que parte del agua presente en la región se le puede catalogar de disponible, ya que se asegura su presencia, al menos en cierta medida, para cubrir las necesidades de la población, con importantes consecuencias económicas, ecológicas y territoriales que, hasta el momento, han sido poco estudiadas.

Por su parte, el agua que escurre en superficie da origen a tres sistemas hidrográficos muy diferentes (figura 4): el sistema Maipo-Mapocho que domina la RMS y dos subsistemas marginales en localización y extensión (El Yalí y Alhué). La cuenca del Maipo-Mapocho cubre una extensión de 15.157 km² que equivale a casi el 95% de toda la superficie regional, conteniendo casi la totalidad del espacio productivo, así como los casi 6 millones de habitantes y cuyo río principal presenta un caudal medio anual cercano a 100 m³/s (DGA, 2003). En tanto, en el margen sureste de este hidrosistema se encuentran las cuencas de El Yalí (430 km²) y de Alhué (590 km²) que corresponden a sistemas exclusivamente pluviales con caudales estacionales que no superarán 20 m³/s (CADE - IDEPE, 2004b).

Junto con los recursos superficiales y en relación con las principales cuencas regionales existen recursos subterráneos que dependen de la característica estratigráfica del relleno sedimentario de dichas cuencas (DGA, 2002a y 2002b). Los acuíferos son formas de almacenamiento natural que son extensamente utilizadas pues se sitúan a poca profundidad (menos de 100 m), por lo

¹ Ya que la estación seca se produce anualmente cuando el ciclo vegetativo de los cultivos se encuentra en plena actividad, en la RMS se ha construido una infraestructura conformada por: 260 bocatomas, 630 canales y casi 450 retenciones de agua de diferentes tamaños (DGA, 1991), que resulta imprescindible para garantizar la irrigación y el desarrollo de agricultura regional.

FIGURA 4
PRINCIPALES SISTEMAS HÍDRICOS DE LA RMS



Fuente: Elaboración propia a partir de ERSDAC (2011) y NGA (2011).

que requiere un estricto control en cuanto a los flujos utilizados. A modo de ejemplo; en 1997 se extrajo de las napas freáticas casi $25 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo que la recarga² por infiltraciones subterráneas y percolaciones superficiales alcanzaron sólo $23 \text{ m}^3/\text{s}$ (Ayala, Cabrera, y Ltda., 2000).

4.2. Los principales usos de agua en la región y una política agrícola de reducción del consumo

A partir de los antecedentes más recientes (2005) de utilización de agua en la RMS (cuadro 2) es posible apreciar que el consumo que presentaron los sectores urbanos y rurales de la región fueron notoriamente diferentes. El mayor consumo de agua de la región fue realizado por las actividades del sector agrí-

² A estos valores de recarga habría que agregar el flujo proveniente de las filtraciones de la red de agua potable en los sectores urbanizados y que equivaldría a poco más de $6 \text{ m}^3/\text{s}$ (SISS, 2000, 2008).

CUADRO 2

CONSUMO DEL AGUA (M³/S) SEGÚN USOS EN 2005 Y ESTIMACIONES PARA 2030

Año	Usos del agua (m ³ /s)				
	Energía	Agrícola	Doméstico	Industrial	Minero
2005	129,0	82,4	18,5	10,4	0,5
2030	129,0	80,5	24,8	27,6	2,0

Fuente: elaboración propia a partir de DGA (2007).

cola, con una utilización cercana a 82 m³/s destinados al riego de 158.000 hectáreas. Después se encuentran los requerimientos asociados principalmente al ámbito urbano de la región; el consumo por empresas de agua potable que extrajeron casi 24 m³/s para cubrir las necesidades de 6 millones de habitantes; y el consumo de los sectores industrial y minero que necesitaron alrededor de 10 y 0,5 m³/s, respectivamente. A parte de estos usos consuntivos, como los tipifica la normativa chilena, se tiene la producción de energía hidroeléctrica, como uso no consuntivo, que requirió cerca de 130 m³/s para cubrir las necesidades mayoritariamente localizadas en los centros urbanos de la región³ (Ayala, *et al.*, 2000; DGA, 2007).

Otra diferencia se puede apreciar al considerar las estimaciones realizadas para el año 2030 (DGA, 2007). Si bien la distribución sectorial no sufriría cambios, todos los consumos urbanos se verán aumentados en desiguales magnitudes; por ejemplo, los requerimientos del sector industrial se triplicarían, en tanto que el uso doméstico crecerá casi un tercio. Situación contraria ocurriría en el sector agrícola que reducirá su consumo en 2 m³/s, como resultado de una política gubernamental que busca la eficiencia en el uso del agua.

En Chile, el riego agrícola siguió un camino diferente al resto de América Latina; desde la mitad del siglo XIX el riego fue desarrollado por iniciativa de privados y sólo en 1929 se creó el «Departamento de Riego» como entidad gubernamental responsable de conducir políticas estatales de fomento de la irrigación. Tal participación llegó a superar aquella del sector privado y, en conjunto, permitieron pasar de 500.000 hectáreas en 1900 a casi 1,1 millón de hectáreas irrigadas en 1970, y donde el Estado contribuyó con el 70% (Sandoval, 2003).

³ Como el sistema de distribución de energía eléctrica que posee el país se caracteriza por ser interconectado, este flujo corresponde a cursos de agua localizados fuera de la RMS.

CUADRO 3

EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE REGADA (EN HECTÁREAS) SEGÚN SISTEMA DE RIEGO EN CHILE Y LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO (RMS). CENSOS AGROPECUARIOS 1996/1997 Y 2006/2007

Censo Agropecuario	Nivel	Total Superficie regada	Sistema de riego		
			Gravitacional	Mecánico mayor	Micro riego
1996/1997	Chile	1.058.355,9	960.840,0	30.522,5	62.153,3
	RMS	144.844,5	127.613,7	5.983,9	11.246,9
2006/2007	Chile	1.093.812,4	789.839,9	56.498,3	247.474,2
	RMS	136.732,3	90.890,1	3.799,8	42.042,4

Fuente: elaboración propia a partir de INE (1997 y 2007).

Actualmente, la agricultura regional presenta importantes progresos de la productividad en relación, notablemente, con la modificación de técnicas de irrigación. Al comparar las superficies regadas de los Censos Agrícolas de 1996/1997 y 2006/2007 (cuadro 3) se aprecia un aumento de la superficie regada de casi 35.500 hectáreas a nivel nacional y de una disminución de 8.100 hectáreas en la RMS. Sin embargo, al observar las modalidades de riego, tanto el nivel nacional como regional, se presenta una clara disminución del riego gravitacional frente al crecimiento del micro-riego. Esto es el resultado de una combinación de incentivos estatales, entre los que sobresale la ley de «Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje» (Ley 18.450 de 1985), la cual bonifica hasta un 90% el costo de obras de riego de privados o de organizaciones de regantes. Subvención que fue implementada con objetivos que apuntaban a: aumentar la superficie regada del país, incrementar la productividad a través del mejoramiento de abastecimiento y, particularmente, incentivar un uso más eficiente del agua.

4.3. El modelo liberal de gestión de los recursos hídricos

La gestión del agua en Chile tiene como principal columna normativa el Código de Aguas de 1981; donde las aguas son bienes nacionales de usos público, pero sometidas a la asignación de «derechos de aprovechamiento» con todas las características de propiedad privadas; totalmente negociable, independientes de una utilización específica y bajo el resguardo de la legislación chilena (Bauer, 1998 y 2004; Ruiz-Dana, Blanco, y Molina, 2007). Estos dere-

chos sobre el agua, que incluyen una fuente natural, un punto de extracción y un flujo determinado, también están asociados a una utilización particular, la que se encuentra definida en dos grandes usos: «Consuntivos» y «No Consuntivos». Los primeros, otorgan el derecho a consumir el agua en el desarrollo de cualquier actividad sin la obligación de ser restituidas a su fuente de origen; mientras que para los segundos, el propietario está obligado a reponer el mismo volumen de agua extraída sin alterar su calidad ni física ni química.

Por otra parte, este Código entrega la responsabilidad de distribución del agua entre los propietarios de derechos; de la construcción y mantención de obras de usos colectivo y de solucionar los conflictos a asociaciones de privados poseedores de derechos de aprovechamiento que se denominan «Organizaciones de Utilizadores del Agua» (OUA) en tres tipos: Comunidad de Aguas, Asociación de Canalistas y Junta de Vigilancia. Por lo demás, la gestión chilena de los recursos hídricos se caracteriza por la existencia de numerosas instituciones y agencias gubernamentales que, de manera directa o indirecta, son responsables de la gestión del agua, lo que conduce a una dispersión institucional de diferentes funciones de desarrollo del estado en estas materias (DGA, 1999).

Si bien, el Código de Aguas de 1981 ha sido reconocido mundialmente como un modelo de la gestión de recursos hídricos por su enfoque liberal, también ha recibido fuertes críticas por los vacíos que presenta, tales como: ausencia de priorización en la utilización del agua en caso de conflictos; falta de precisión al definir los derechos no consuntivos que implican generalmente un cierto grado de consumos y débil poder regulador de las instituciones responsables (Bauer, 1997, 1998, 2005; Donoso, 2003; Dourojeanni y Jouravlev, 1999, 2000; Ruiz-Dana, *et al.*, 2007).

4.4. La situación en los casos de estudio

En general, los tres casos de estudio tienen algunas características físicas similares. Una de ellas es la variada topografía existente. Por una parte, se encuentran sectores montañosos de altitudes entre 700 y 1.200 msnm y con pendientes que superan los 25°, donde los suelos son muy delgados o inexistentes y con procesos erosivos muy intensos. Por otra parte, existen espacios planos con pendientes inferiores a 5°, altitudes que varían entre 200 y 700 msnm, correspondientes a depósitos sedimentarios cuaternarios donde se han desarrollado suelos profundos.

Otra característica similar es el clima que impera en toda la región y que es de tipo mediterránea con una marcada estacionalidad, que también es denominado como templado cálido con estación seca prolongada. En el cuadro 4

CUADRO 4

PRECIPITACIONES MENSUALES Y TOTALES ANUALES PARA LOS TRES CASOS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO (RMS)

Tiltil. Estación *Embalse Rungue*, 33° 01' S – 70° 55' O. Altitud: 750 msnm.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
0,8	0,9	3,2	15,1	62,8	90,8	95,5	54,2	26,2	7,5	6,5	0,8	364,3

Valle de Mallarauco. Estación *Mallarauco*, 33° 23' S – 70° 47' O. Altitud: 475 msnm.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
0,2	0,2	3,1	17,2	69,1	82,9	112,9	51,5	23,1	10,1	6,8	1,3	378,2

San Pedro de Melipilla. Estación *Rapel*, 33° 58' S – 71° 44' O. Altitud: 25 msnm.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
0,8	2,2	7,5	25,0	98,0	132,5	121,3	90,3	39,5	17,9	8,6	3,6	549,2

Fuente: elaboración propia a partir de Ayala *et al.* (2000); DGA (2009) y NCDC (1992).

se observa la concentración de las precipitaciones en los meses de junio y julio y con un período extremadamente seco entre enero y febrero. Sin embargo, las características locales (altitud, latitud, topografía, influencia oceánica, etc.) otorgan ciertas diferencias entre las áreas de estudio; como el aumento de las precipitaciones a medida que se aproxima a la costa; se pasa de 364 mm en Tiltil a 549 mm en San Pedro de Melipilla.

Las condiciones climáticas y la existencia de suelos cultivables, favorecieron la valorización de los espacios planos con la ocupación antrópica que se inició en el siglo XVII con labores de deforestación destinadas a la obtención de carbón y al despejar del terreno para su cultivo. Esto provocó la eliminación del bosque esclerófilo⁴ de los sectores planos (fotografía 1), y su remplazo en aquellos lugares no cultivados por un matorral espinoso⁵ como formación secundaria (fotografía 2).

⁴ El bosque esclerófilo, se localiza actualmente en áreas alejadas de toda intervención antrópica como quebradas o laderas protegidas, es una formación primaria que se estructura en pocos niveles, compuesto por especies arbóreas como *Quillaja saponaria*, *Cryptocarya alba*, *Peumus boldus* y *Lithrea caustica* que pueden soportar la falta de agua durante la sequía estival (Gajardo, 1994).

⁵ Formación vegetal compuesta por arbustos espinosos altos, dispersos y de hoja caduca, en la cual domina la *Acacia caven*, coexistiendo con suculentas como el *Echinopsis chiloensis* y el *Puya chilensis* o gramíneas como la *Avena barbata* (Gajardo, 1994).

FOTOGRAFÍA 1
MATORRAL ESPINOSO DE TILTI



Fuente: autoría propia, tomada el 25 noviembre de 2010.

FOTOGRAFÍA 2
BOSQUE ESCLERÓFILO EN EL VALLE DE MALLARAUCO



Fuente: autoría propia, tomada el 25 noviembre de 2010.

Por el contrario, al considerar la disponibilidad de agua, las diferencias entre las áreas se hacen presentes, evidenciando ciertas características en la producción agrícola vinculadas a los usos locales del agua.

En el caso de Tilttil es el único de los tres ejemplos estudiados que cuenta con recursos hídricos superficiales disponibles en los cursos Tilttil, Peldehue y Chacabuco, aparte de los recursos subterráneos correspondientes a la sección más norteña del acuífero Maipo-Mapocho (DGA, 2002b). Además, con el fin de garantizar la disponibilidad de agua para el riego esta área cuenta con un sistema de canales que distribuyen el agua desde dos embalses; el Rungue que tiene una capacidad máxima de 2 millones de metros cúbicos, regulando el caudal del Tilttil; y el Huechún que, con una capacidad de 30 millones de metros cúbicos, es alimentado tanto por lluvias como por el canal Chacabuco⁶, el cual trasvasa agua desde el río Aconcagua, en la Región de Valparaíso.

En el Valle de Mallerauco, desde el siglo XVII hasta fines del siglo XIX, la falta de algún curso de agua permanente limitó el desarrollo productivo a una agricultura de secano, con solamente una cosecha por año y donde el trigo constituyó el principal cultivo para el consumo interno y para la exportación. Esto cambió con el aprovisionamiento permanente de agua que significó la construcción del canal Mallerauco (1873-1893). Fue uno de los mayores canales de irrigación de la época en Chile; incluyendo la excavación de un túnel de 3,5 kilómetros para alcanzar las aguas del río Mapocho y la construcción de un canal de 40 kilómetros de extensión. Con esta obra, la seguridad en el riego permitió la coexistencia de cultivos hortícolas, frutales, cereales y ganadería, además de favorecer la aparición de lecherías y queserías locales.

Por último, en San Pedro de Melipilla, la ausencia del agua superficial se ha mantenido hasta el presente; desde el siglo XVII se desarrolló una agricultura de secano especializada en trigo, cebada y avena. Actividad que alcanzó su mayor apogeo en el siglo XIX con las exportaciones hacia California y de Australia. Después, durante los años 1970 y con el desarrollo una economía abierta hacia los mercados internacionales, se introdujo el cultivo de la Fresa (*fragaria ananassa*) convirtiéndose en la principal actividad de los pequeños agricultores de la zona a pesar de la falta de agua estival (Larrain y Poo, 2010).

⁶ Desde 1915 el canal Chacabuco tiene comprometido un caudal de 1,1 m³/s como derechos de carácter eventual en el río Aconcagua, los cuales se hacen efectivos cuando el caudal del Aconcagua fluctúa entre 27 y 30 m³/s.

5. LOS «TERRITORIOS HÍDRICOS»

5.1. Tiltil: un territorio con problemas en la gestión del recurso y un desigual desarrollo espacial de la agricultura por falta de agua

Las actividades agrícolas existentes en este terreno se desarrollaron gracias a la seguridad hídrica que prestaron los embalses Rungue y Huechún para casi 390 km², pero la actual situación de sequía en la que se encuentra la región ha dificultando que estos embalses alcancen su capacidad mínima, provocando insuficiencia para hacer frente a las demandas actuales para el riego. Esta situación obligó al decretar, en febrero 2008, esta área como «Zona de Emergencia Agrícola» y, posteriormente, en febrero de 2011 se le declaró «Zona de Escasez Hídrica»⁷.

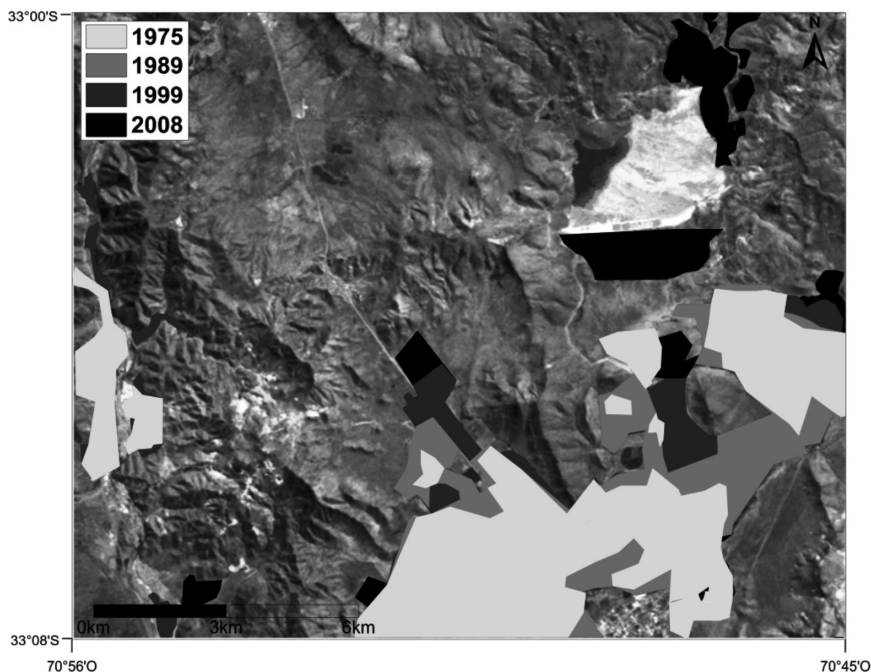
Por otra parte, en esta área se tienen las consecuencias negativas que tiene el emplazamiento del tranque de relave La Ovejería. Este tranque que desde 1999 recibe las aguas residuales de faenas mineras⁸, se localiza a pocos metros aguas arriba del embalse Huechún, lo que ha provocado la obstrucción del flujo superficial y con ello la disminución del aporte de aguas lluvias hacia el embalse y de la recarga de la napa freática local (Tchernitchin y Herrera, 2006). Asimismo, por retener aguas con altos contenidos de cobre, hierro, molibdeno, arsénico, plomo y diversos sulfatos disueltos, se tiene el riesgo potencial de contaminar las aguas. Esto provocaría el deterioro de las condiciones de salud de la población que harían uso de estas aguas como bebida o que se alimenta de productos regados con dichas aguas. Por lo demás, la presencia de un relave minero impide el desarrollo de una economía local basada en una agricultura de alta rentabilidad como aquella denominada biológica (Tchernitchin y Herrera, 2006).

La disponibilidad local de los recursos hídricos y los problemas asociados con el agua que vienen de ser descritos han condicionado el desarrollo de las actividades rurales con una expresión espacial particular y una evolución temporal específica. Esto se evidenció al realizar la interpretación visual de las escenas en falso color convencional. Inicialmente, el reconocimiento de los espacios sometidos a la valorización agrícola en cada imagen permitió obtener las superficies agrícolas en los diferentes momentos. Esto se presenta en la

⁷ Resolución N°176 y Decreto N°186 Diario Oficial.

⁸ Estas faenas corresponden a las actividades productivas de las minas Río Blanco y Sur-Sur que se localizan en la cordillera andina a 3.600 y 4.000 msnm., respectivamente. Ambas son explotadas por la División Andina de la empresa estatal CODELCO (Corporación Del Cobre).

FIGURA 5
EXPANSIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA EN TILTIL



Fuente: elaboración a partir de Imágenes Landsat (1975, 1989, 1999 y 2008).

figura 5 donde se expresa el emplazamiento de las casi 2.050 hectáreas en que creció el espacio agrícola para el período 1975-2008. Crecimiento que también varió en el tiempo con tasas de expansión que fluctuaron entre 13 y 20% (cuadro 5).

Posteriormente, la interpretación visual de las distintas parcelas agrícolas, en relación a sus características geométricas (forma, tamaño y patrón), permitió exponer dos tipos de territorios hídricos que han presentado modalidades de ocupación espacial diferentes en relación con los recursos hídricos disponibles (figura 6). Estos territorios son:

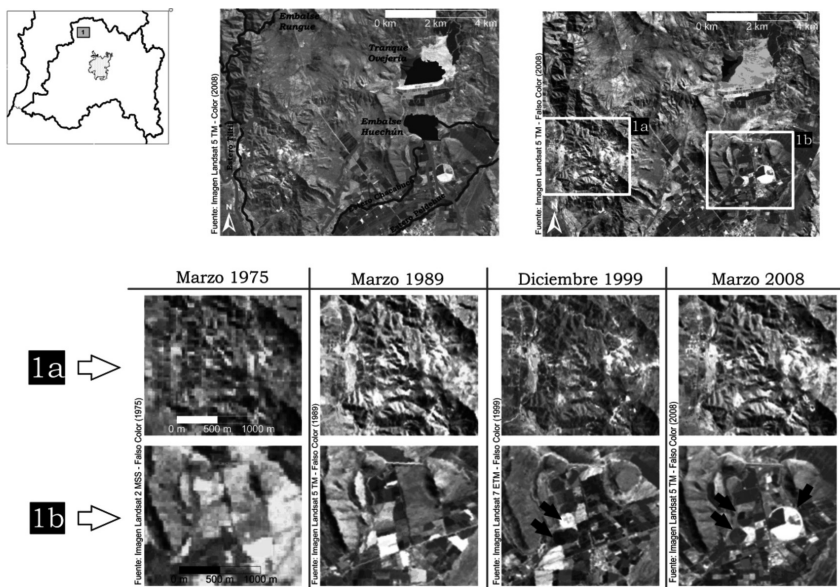
1a) Territorio hídrico con marcadas restricciones (Valle de Tilttil). La principal característica de este sector es que su área cultivada ha permanecido prácticamente idéntica a la existente en 1975. No obstante la presencia del

CUADRO 5
EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE EN CULTIVO EN TILTIL

Fecha	Superficie (hectáreas)	Tasa de incremento (%)
22-Marzo-1975	3.310	
17-Marzo-1989	3.990	20,6
26-Diciembre-1999	4.510	13,1
13-Marzo-2008	5.360	18,8

Fuente: elaboración a partir de Imágenes Landsat (1975, 1989, 1999 y 2008).

FIGURA 6
TERRITORIOS HÍDRICOS DE TILTIL



Fuente: elaboración a partir de Imágenes Landsat (1975, 1989, 1999 y 2008).

embalse Rungue, la escasa acumulación de agua y las restricciones en la extracciones de aguas subterráneas, asociadas a una escasa disponibilidad espacio, ha restringido los cultivos a especies adaptadas a la escases hídrica y delgados suelos como Olivos (*Olea europaea*) y Tunas (*Opuntia ficus-indica*).

1b) Territorio hídrico con expansión agrícola (Áreas aguas abajo del embalse Huechún). Al oriente de valle de Tiltil se encuentra un área que exhibió en 1975 una escasa actividad agrícola con parcelas de pequeño tamaño, predominando el espacio no cultivado. Catorce años más tarde los cultivos se han extendido sobre gran parte de los terrenos planos disponibles en la cercanía del embalse Huechún y con grandes parcelas. A partir de 1999, se desarrolla una nueva agricultura emplazada sobre la mayor parte de los terrenos planos gracias a la introducción de la irrigación por aspersión y que se deduce por las numerosas parcelas circulares presentes. Esta expansión de las áreas de cultivo ha tenido lugar a pesar de la disminución de las aguas del embalse, lo que se explicaría gracias a la extracción de aguas subterráneas locales.

5.2. El Valle de Mallarauco; la expansión de los cultivos sobre las laderas

Este valle ha sido el escenario de dos grandes avances en cuanto al manejo del agua: uno es el transvase de agua desde el río Mapocho hacia este valle gracias al canal de Mallarauco, significando una seguridad en la disponibilidad del agua para las actividades agrícolas que se desarrollaron a partir de fines del siglo XIX. El otro avance corresponde a la introducción del riego tecnificado, particularmente el sistema de riego «gota a gota» que, permitiendo vencer la limitación del sistema tradicional de riego de carácter gravitacional, facilitó el cultivo de nuevos terrenos modificando a fines del siglo XX el paisaje local.

Esto último se comprobó con la interpretación visual de las subescenas en falso color referidas al Valle de Mallarauco que permitió establecer la expansión de las áreas de cultivo sobre los faldeos montañosos que rodea el fondo del valle. Esto queda expresado en la figura 7 que muestra la expansión del espacio agrícola en el período 1975-2008 y que implicó que progresivamente cerca de 1.200 hectáreas emplazadas sobre las laderas hayan sido utilizadas para el cultivo. Además, este avance ha tenido un ritmo sostenido (cuadro 6) lo que refleja el impacto de la Ley 18.450 de «Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje» sobre la expansión del espacio cultivado.

FIGURA 7

EXPANSIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA EN VALLE DE MALLARAUCO



Fuente: elaboración a partir de Imágenes Landsat (1975, 1989, 1999 y 2008).

CUADRO 6

EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE EN CULTIVO. VALLE DE MALLARAUCO

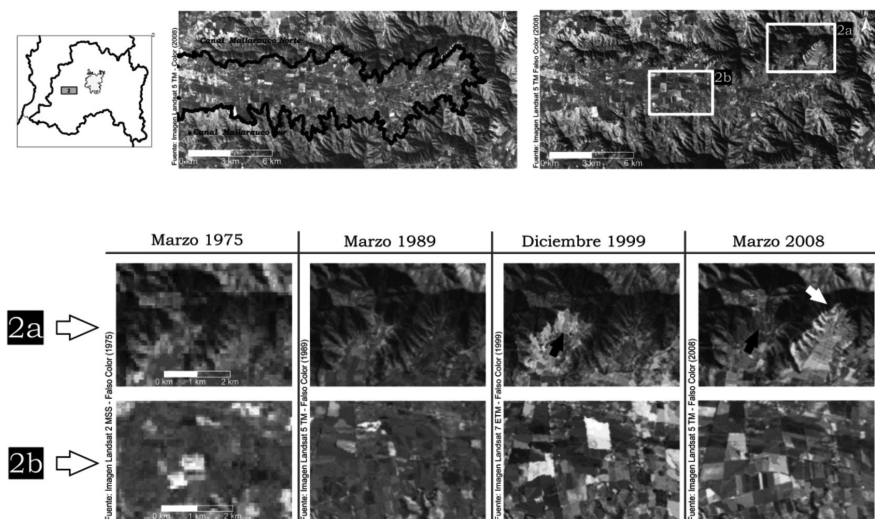
Fecha	Superficie (hectáreas)	Tasa de incremento (%)
22-Marzo-1975	2.000	
17-Marzo-1989	2.200	10,0
26-Diciembre-1999	2.700	22,7
13-Marzo-2008	3.200	18,5

Fuente: elaboración a partir de Imágenes Landsat (1975, 1989, 1999 y 2008).

Considerando los aspectos visuales de las parcelas y su asociación en el contexto de seguridad hídrica y de implementación tecnológica fue posible identificar dos tipos de territorios hídricos que reflejan vinculaciones diferentes con respecto al uso del recurso agua (figura 8).

2a) Territorio hídrico ganado por el riego tecnificado; las laderas medias. En la imagen de 1999 se observa un remplazo del matorral y bosque esclerófilo

FIGURA 8
TERRITORIOS HÍDRICOS DEL VALLE DE MALLARAUCO



Fuente: elaboración a partir de Imágenes Landsat (1975, 1989, 1999 y 2008).

por una vegetación herbácea seca que antecedería el cultivo sobre el sector montañoso. Tomando en cuenta los costos involucrados por la irrigación en estos sectores, se trataría de cultivos de fuerte rentabilidad económica (viñas o árboles frutales) realizadas por medianos y grandes agricultores.

2b) Territorio hídrico en constante actividad agrícola; el fondo de valle. Es un área que se presenta con actividades agrícolas durante todo el período 1975-2008, con cambios que están asociados al ritmo estacional de la agricultura local (cultivo, riego, cosecha, etc.); y a la diversidad de cultivos en las parcelas. Cambios que no han alterado la estructura reticular tradicional de las parcelas, manteniendo durante el período de estudio, una ocupación agrícola caracterizada por la utilización constante de la totalidad de terrenos disponibles en el fondo de valles.

5.3. San Pedro de Melipilla; territorios hídricos subordinados a la extracción del agua subterránea y a la tecnología

Esta área presenta actualmente una diversificación de los cultivos como resultado del surgimiento de una nueva agricultura basada en productos de alta

FOTOGRAFÍA 3

COMPLEJO AGROINDUSTRIAL EN SAN PEDRO DE MELIPILLA



Fuente: autoría propia, tomada el 25 noviembre de 2010.

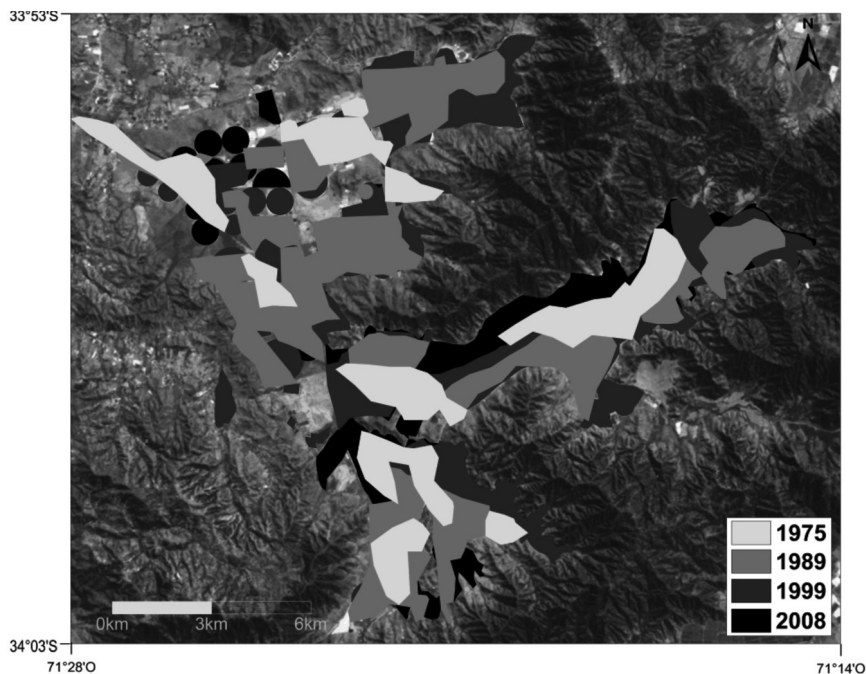
rentabilidad económica, principalmente; viñas, frutales, maíz y olivos. Dicha producción, ampliamente solicitada y valorada en los mercados nacional e internacional, es conducida por empresas como: Trinidad Ltda. (Viñas), Ariztia (Aves), Longovilo S.A. (Frutales y cerdos), Agrosuper (Aves y cerdos) y Las Palmas de Santa Rosa Ltda. (Alimentos), que se caracterizan por sus extensos propiedades agrícolas y sus instalaciones agroindustriales (fotografía 3).

Sin embargo, este desarrollo económico no ha estado exento de problemas; durante el último decenio, se ha evidenciado el descenso de los niveles freáticos como consecuencia de la sequía que afecta a la región⁹. Frente a esta situación crítica, en octubre 2005, la DGA consideró que los recursos hídricos subterráneos estaban agotados en esta zona, limitando el otorgamiento de nuevos derechos de extracción. No obstante esta restricción, las agroindustrias locales prosiguieron el desarrollo de obras, tales como los tranques y la profundización de pozos, con el fin de asegurar la disponibilidad continua de agua para sus actividades productivas. Esto conllevaría a la extracción de agua

⁹ Dado que las aguas subterráneas locales no presentan aprovisionamientos desde acuíferos vecinos, las precipitaciones, que logran infiltrar los depósitos sedimentarios, son los únicos aportes de recarga a las napas freáticas (DGA, 2005, 2008).

FIGURA 9

EXPANSIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA EN SAN PEDRO DE MELIPILLA



Fuente: elaboración propia a partir de Imágenes Landsat (1975, 1989, 1999 y 2008).

que sobrepasa los volúmenes de recarga natural de los acuíferos, perjudicando al pequeño campesinado local¹⁰.

Con la interpretación visual de las imágenes de San Pedro de Melipilla en falso color convencional se pudo cartografiar el crecimiento del área de cultivo entre 1975 y 2008 (figura 9), determinándose que casi 5.893 hectáreas se sumaron al espacio cultivado en este periodo. Realizando una descomposición más detallada de este crecimiento (cuadro 7), se puede apreciar que la mayor expansión de las tierras para el cultivo ocurrió entre 1975 y 1989 cuando la tierra cultivada aumentó cerca del 97%, para posteriormente disminuir a crecimientos cercanos al 30%.

¹⁰ Algunos de estos daños son: la disminución del valor de sus propiedades, la imposibilidad de desarrollar nuevas actividades agrícolas, disminución de la ganadería (bovina y ovina); dificultades para el cultivo de autoconsumo, etc.

CUADRO 7

EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE EN CULTIVO. SAN PEDRO DE MELIPILLA

Fecha	Superficie (hectáreas)	Tasa de incremento (%)
22-Marzo-1975	2.600	
17-Marzo-1989	5.110	96,8
26-Diciembre-1999	6.700	31,3
13-Marzo-2008	8.490	26,6

Fuente: elaboración propia a partir de Imágenes Landsat (1975, 1989, 1999 y 2008).

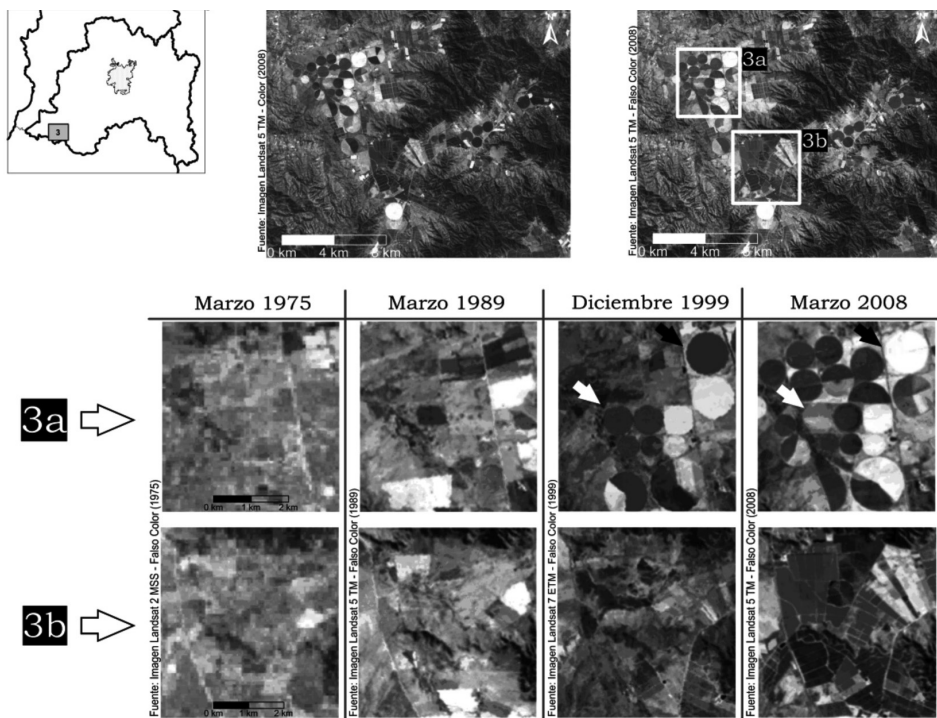
Por otra parte, al observar las formas y los tamaños de las parcelas cultivadas en las distintos imágenes se pudo reconocer que las mayores transformaciones introducidas por las actividades productivas agroindustriales se hicieron presentes a partir de 1999, cuando se inició una notoria reestructuración del paisaje agrario al remplazarse la estructura predial de pequeñas parcelas rectangulares o trapezoidales por un esquema basado en grandes parcelas rectangulares con la presencia de numerosas parcelas de forma circular.

Evidentemente esta transformación se explica por la existencia de recursos hídricos subterráneos, el cultivo de especies de alta rentabilidad destinada a la industria o a la exportación (maíz, olivos, carozos, uvas de mesa y para vino) y por las importantes inversiones económicas realizadas para la implementación del riego tecnificado (aspersión y goteo). Considerando estos elementos fue posible individualizar dos distintos territorios hídricos (figura 10):

3a) Territorio hídrico estructurado por el riego por aspersión. Hasta la imagen de 1989 la agricultura en esta área estaba representada por algunas parcelas rectangulares y grandes extensiones de vegetación herbácea que eran utilizadas en un reducido pastoreo. Fue a partir de 1999 que esta estructura agrícola es remplazada casi en su totalidad por grandes parcelas circulares que reflejan la utilización del riego por un brazo rotatorio (riego por aspersión). Estas parcelas han sido utilizadas exclusivamente para el cultivo de maíz, destinado a alimentar cerdos y aves criados industrialmente en esta área.

3b) Territorio hídrico estructurado por el riego gota a gota. En las dos primeras imágenes (1975 y 1989) se evidencia que la estructura local de las parcelas estaba asociada con extensos terrenos, que eran utilizados en cultivos estacionales o para el pastoreo. Es en la imagen de 1999 que se detecta el remplazo de esta estructura por los primeros sectores caracterizados por una dis-

FIGURA 10
TERRITORIOS HÍDRICOS DE SAN PEDRO DE MELIPILLA



Fuente: elaboración propia a partir de Imágenes Landsat (1975, 1989, 1999 y 2008).

tribución regular de parcelas rectangulares. Con posterioridad, esta estructura predominará en toda el área y es donde se presentan cultivos de elevada rentabilidad como carozos, olivos, uvas de mesa, para vino, entre otros. Para asegurar el desarrollo de estos cultivos de alta rentabilidad en un área carente de cursos superficiales, se ha implementado el sistema de riego por goteo aprovechado las aguas subterráneas y el apoyo estatal otorgado por la ley 18.450.

6. CONCLUSIONES

A través del presente estudio, basado en el enfoque de Claude Raffestin, ha sido posible identificar algunos de los territorios hídricos que se han desarro-

llado en la RMS como reflejo en el espacio de las relaciones que definen los usos, las modalidades de distribución y las estrategias aprovechamiento del agua. En esta oportunidad, estas relaciones han sido estudiadas de manera indirecta a través del análisis visual de la ocupación del suelo que ha sido registrada por las imágenes del satélite Landsat en el período 1975-2008.

Este ejercicio ha permitido corroborar la heterogeneidad territorial en la región e identificar ciertos factores comunes que han condicionado, en los últimos treinta años, el desarrollo de los diferentes territorios hídricos. Entre ellos se tiene la escasa disponibilidad del agua, por características ambientales o administrativa, que ha inducido a la utilización masiva de fuentes subterráneas, la seguridad hídrica entregada por canales y embalses, la utilización del riego tecnificado gracias a la Ley 18.450 de 1985 y la mayor rentabilidad económica de ciertos productos.

En cada uno de los casos estudiados se evidenció como estos factores se combinan para develar distintos territorios hídricos. Pero es indudable que esta heterogeneidad territorial se reproduce y multiplica en el resto de la RMS, con otros matices que respondan a la contrastada distribución espacial del recurso, a su variada disponibilidad y a las diversas valorizaciones que se tienen del agua, más allá del uso agrícola que se ha estudiado en el presente trabajo.

Si en Chile se pretende alcanzar la gestión integral y sustentable de los recursos hídricos, está no se logrará mientras se evadan aspectos geográficos relevantes como son: la consideración de la diversidad espacial de los recursos hídricos, las consecuencias territoriales que tienen los usos del agua y las decisiones públicas y privadas, los conflictos y problemas que se generan entre distintos usuarios, entre otros. Por lo que este trabajo debe ser considerado como una primera aproximación al estudio de los «territorios hídricos» en la RMS, ya que es necesario profundizar aspectos de la cuantificación del consumo de agua en los distintos espacios regionales y determinar el rol que cumplen la población y las organizaciones locales en la construcción territorial.

Lo anterior obliga a plantearse el desafío de continuar con la identificación de territorios hídricos, por medio de un procedimiento metodológico que incorpore, además del trabajo con imágenes satelitales, un diagnóstico integrado de la relación de factores físicos y sociales que influyen en su definición a la escala regional.

Fecha de recepción: 22/02/2012

Fecha de aceptación: 06/03/2013

BIBLIOGRAFÍA

- Anctil, F. (2008): *L'eau et ses enjeux*. Bruxelles, De Boeck.
- Ayala, Cabrera, y Ltda., A. (2000): "Modelo de simulación hidrológico operacional Cuencas de los ríos Maipo y Mapocho". *SIT*, 62/I, pp. 557.
- Bauer, C. (1997): "Bringing water markets down to earth: The political economy of water rights in Chile, 1976-1995". *World Development*, 25/5, pp. 639-656.
- Bauer, C. (1998): "Slippery property rights: multiple water uses and the neoliberal model in Chile, 1891-1995", en P. Arrojo y J. Martínez-Gil (eds.): *El agua a debate desde la Universidad. Hacia una nueva cultura del agua*. Zaragoza, Institución Fernando El Católico, CSIC, pp. 697-738.
- Bauer, C. (2004): "Results of Chilean water markets: Empirical research since 1990". *Water Resources Research*, 40/9.
- Bauer, C. (2005): "In the image of the market: the chilean model of water resources management". *International Journal of Water*, 3/2, pp. 146-165.
- Béthemont, J. (1977) : *De l'Eau et des hommes. Essai géographique sur l'utilisation des eaux continentales*. Paris, Bordas.
- CADE - IDEPE. (2004a): *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del Río Maipo*. Santiago de Chile, MOP.
- CADE - IDEPE. (2004b): *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del Río Rapel*. Santiago de Chile, MOP.
- Cai, X., Ringler, C. y Rosegrant, M. (2006): *Modeling water resources management at the basin level: methodology and application to the Maipo River Basin*. Washington D.C., International Food Policy Research Institute.
- Claval, P. (1995): *La géographie culturelle*. Paris, Nathan.
- Chuvieco, E. (2000): *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid, Rialp, 3ª ed.
- Chuvieco, E. (2007): *Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio* (3a ed.). Barcelona, Ariel.
- DGA (1991): "Estudio de síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento". *SIT*, 6.
- DGA (2002a): "Evaluación de los recursos subterráneos de las cuencas costeras de la V Región". *SDT*, 130.
- DGA (2002b): "Informe de zonificación hidrogeológica para las regiones Metropolitanas y V Región". *SDT*, 133.
- DGA (2003): "Evaluación de los Recursos Hídricos superficiales en la cuenca del río Maipo". *SDT*, 145.
- DGA (2005): "Determinación de la disponibilidad de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en la cuenca del estero Yali hasta sector El Prado Región Metropolitana". *SDT*, 189.
- DGA (2007): *Estimaciones de demanda de agua y proyecciones futuras zona II: regiones V a XII y Región Metropolitana*. Santiago de Chile, MOP.

- DGA (2008): "Evaluación de la explotación máxima sustentable del acuífero del Yali". *SDT*, 256.
- Di Méo, G. (1998): *Géographie sociale et territoires*. Paris, Nathan.
- DMC (2001): *Climatología de Chile*. Santiago, Dirección Meteorológica de Chile, Subdirección de Climatología y Met. Aplicada.
- Donoso, G. (2003): *Mercados de agua: Estudio de caso del Código de Aguas de Chile de 1981*. Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Economía Agraria.
- Dourojeanni, A. y Jouravlev, A. (1999): *El Código de Aguas de Chile: entre la ideología y la realidad. Serie 3. Recursos Naturales e Infraestructura*. Santiago de Chile, Naciones Unidas.
- Dourojeanni, A. y Jouravlev, A. (2000): "La regulación de los efectos externos de las transferencias de agua". *Debate Agrario: Análisis y Alternativas*, 31, pp. 99-141.
- ERSDAC (2011) : *ASTER GDEM Version 2*". Disponible en <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/index.html> (Fecha de consulta 20/04/2011).
- Gajardo, R. (1994): *La Vegetación Natural de Chile*. Santiago de Chile, Editorial Universitaria.
- Ghiotti, S. (2006): *Les territoires de l'eau: Gestion et développement en France*. Paris, CNRS Éditions.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowonty, H., Schwartzman, S., Scott, P., y Trow, M. (1994): *The New Production of Knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*. Londres, Thousand Oaks, Nueva Delhi, Sage Publications.
- Girard, M. C. y Girard, C. M. (2010): *Traitement des données de télédétection: environnement et ressources naturelles*. Paris, Dunod, 2^e éd.
- Gleick, P. (1993): *Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources*. New York, Oxford University Press.
- INE (2002): "Censo de Población 2002. Síntesis de resultados". Santiago de Chile, INE.
- INE (2007): "VII Censo Nacional agropecuario y forestal. Resultados Censo Agropecuario 2007". Disponible en <http://www.censoagropecuario.cl/> (Fecha de consulta: 12/12/2008).
- Jensen, J. R. (2007): *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ Pearson Prentice Hall.
- JICA-CNR (2004): *Metodología para la determinación de la calidad del agua mediante comunidades biológicas. Río Maipo*. Santiago de Chile, CNR.
- Laganier, R., Arnaud-Fassetta, G. y Dacharry, M. (2009): "Introduction", en R. Laganier y G. Arnaud-Fassetta (eds.): *Les géographies de l'eau: Processus, dynamiques et gestion de l'hydrosystème*. Paris, L'Harmattan.
- Larraín, S. (2007). "Glaciares chilenos: Reservas estratégicas de agua dulce". *Ambiente y Desarrollo*, 23/3, pp. 28-35.
- Larrain, S. y Poo, P. (eds.) (2010): *Conflictos por el Agua en Chile: Entre los derechos humanos y las reglas del mercado*. Santiago de Chile, Chile Sustentable.

- Lillesand, T. M. y Kiefer, R. W. (1987): *Remote sensing and image interpretation* (2nd ed.). New York, Toronto, Wiley.
- Marangunic, C. (1979): *Inventario de Glaciares. Hoya del río Maipo*. Santiago de Chile, Dirección General de Aguas.
- NASA (2008): "The Landsat Program. Technical Information". Disponible en <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/technical.html> (Fecha de consulta: 12/01/2010).
- NGA (2011): "VMAP Level 0". Disponible en: http://geoengine.nga.mil/geospatial/SW_TOOLS/NIMAMUSE/webinter/rast_roam.html (Fecha de consulta: 20/04/2011).
- Raffestin, C., Brunet, R. y Kobler, C. (1980): *Pour une géographie du pouvoir*. Paris, Librairies techniques.
- Rosegrant, M. W., Ringler, C., McKinney, D. C., Cai, X., Keller, A. y Donoso, G. (2000): "Integrated economic-hydrologic water modeling at the basin scale: The Maipo river basin". *Agricultural Economics*, 24/1, pp. 33-46.
- Ruiz-Dana, A., Blanco, H. y Molina, F. (2007): *¿Cómo lograr una Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas en Chile?*. Santiago de Chile, RIDES.
- Sandoval, J. (2003): *El riego en Chile*. Santiago de Chile, Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Obras Hidráulicas.
- Santos, M. (1997): *La nature de l'espace: technique et temps, raison et émotion*. Paris, L'Harmattan.
- Shiklomanov, I. A. (1998): *A summary of monograph World Water Resources*. Paris, UNESCO.
- Shiklomanov, I. A. (1999): "World water resources and their use". Disponible en: <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/index.shtml> (Fecha de consulta: 12/12/2008)
- SISS. (2000): *Informe de gestión del sector sanitario / 2000*. Santiago de Chile, SISS.
- SISS. (2008): *Informe de gestión del sector sanitario / 2008*. Santiago de Chile, SISS.
- Tchernitchin, A. y Herrera, L. (2006): "Relaves mineros y sus efectos en salud, medio ambiente y desarrollo económico. Ejemplo de relave en el valle de Chacabuco Polpaico". *Cuaderno Médico Social*, 46, pp. 22-43.
- Veyret, Y. (2005): *Géo-environnement*. Paris, Armand Colin, 2a ed.

RESUMEN

El espacio rural de la Región Metropolitana de Santiago de Chile es una combinación de factores naturales, sociales, económicos y técnicos que dan origen a diversos territorios. Si consideramos aquellos donde el recurso hídrico tiene un papel predominante en el desarrollo de las actividades agrícolas, se pueden identificar distintos «territorios hídricos» en las áreas de Tiltill, Valle de Mallarauco y San Pedro de Melipilla. El estudio de estos casos permitió poner en evidencia y discutir un cierto número de puntos importantes concernientes al enfoque territorial de los recursos hídricos y de la gestión del agua en un modelo que privilegia la acción de los privados, tales como: la dimensión espacial del uso agrícola de los recursos hídricos, los conflictos y

problemas por su control y los consecuentes territorios hídricos que han surgido como resultado de diversas valorizaciones de un modelo de gestión liberal. Esto con la intención de contribuir, desde la Geografía, a una reflexión encaminada a lograr una gestión integral y sostenible de los recursos hídricos en Chile.

PALABRAS CLAVES: Geografía; agua; Territorios hídricos; gestión de recursos hídricos; Región Metropolitana de Santiago de Chile.

ABSTRACT

The rural area of the Santiago Metropolitan Region is a combination of natural, social, economic and technical factors that give origin to several territories. If we consider those in which water resources play a significant role in carrying out agricultural activity, several different «water territories» can be identified in the Tiltill, Valle de Malarauco and San Pedro de Melipilla areas. In these cases the study allowed us to shed light upon and discuss several important points regarding the territorial approach to water resources and water management in a model that favors the actions of private parties, such as: the extension of the agricultural use of the water resources, the conflicts and problems over its control and the resulting water territories that have come about as a result of the various assessments of a liberal management system. This has been done with the intention of contributing, from a Geographical point of view, thoughts geared towards achieving a comprehensive and sustainable management of the water resources in Chile.

KEY WORDS: Geography; Water; Water resources; Water Resource Management; Santiago Metropolitan Region.

RÉSUMÉ

L'espace rural de la région métropolitaine de Santiago de Chile est une combinaison de facteurs naturels, sociaux, économiques et techniques divers qui donnent lieu à des territoires divers. Si nous observons ceux dans lesquels les ressources hydriques jouent un rôle prédominant dans le développement des activités agricoles, plusieurs «territoires hydriques» peuvent être identifiés dans les régions de Tiltill, Valle de Malarauco et San Pedro de Melipilla. L'étude de ces cas a permis de mettre en évidence et de discuter certains aspects importants concernant l'approche territoriale des ressources hydriques et la gestion de l'eau selon un modèle qui privilégie l'action des particuliers, comme la dimension spatiale de l'usage agricole des ressources hydriques, les conflits et les problèmes de contrôle et les territoires hydriques conséquents surgis comme résultat de mises en valeur diverses d'un modèle de gestion libéral. Tout cela avec le but de contribuer depuis la Géographie à une réflexion visant l'obtention d'une gestion intégrale et durable des ressources hydriques du Chili.

MOTS CLÉS: Géographie; eau; Territoires hydriques; gestion de ressources hydriques; région métropolitaine de Santiago de Chile.